

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Juli 2005 (07.07.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/062013 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01L 9/00**,
11/02, 23/16, 1/24, G01J 5/10

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/002372

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Oktober 2004 (23.10.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 60 079.5 20. Dezember 2003 (20.12.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LONGCHAMP, Jean-**

François [CH/CH]; 19, chemin de Grésy, CH-1012 Lau-
sanne (CH). **MARCHAL, Dominique** [FR/CH]; 9, Route
de Bellevue, CH-1337 Vallorbe (CH).

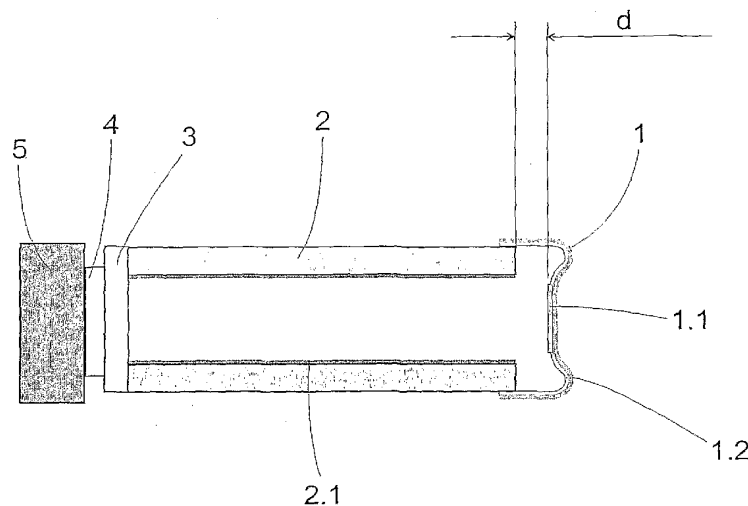
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PRESSURE SENSOR WITH AN IR RADIATION SENSOR

(54) Bezeichnung: DRUCKAUFNEHMER MIT IR-STRAHLUNGS-AUFNEHMER



(57) Abstract: The invention relates to a pressure sensor comprising a membrane (1) which be moved or deformed in a variable manner as a result of pressure differences. The structure of the pressure sensor is such that it can also be used advantageously in areas which are difficult to access and at high temperatures. At least one functional section (1.1.) of the membrane (1) consists of a material which has the properties of a black radiator or which has a radiation capacity in the respective spectral radiation range which is essential for detection, corresponding to the temperature of the membrane (1) in conditions of use. The membrane (1) is associated with at least one radiation receiver unit with an IR radiation sensor (4), which at least partially detects the radiation thus emitted.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/062013 A1



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,
RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.*

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf einen Druckaufnehmer mit einer durch Druckunterschiede unterschiedlich deformierbaren oder ortsveränderbaren Membran (1). Ein auch in schwer zugänglichen Räumen mit höheren Temperaturen vorteilhaft verwendbarer Aufbau wird dadurch erhalten, dass zumindest ein Funktionsabschnitt (1.1) der Membran (1) ein Material aufweist, das die Eigenschaften eines schwarzen Strahlers besitzt oder ein in demjenigen spektralen Strahlungsbereich ein für eine Erfassung wesentliches Strahlungsvermögen besitzt, der der Temperatur der Membran (1) unter deren Einsatzbedingungen entspricht, und dass der Membran (1) eine die abgegebene Strahlung zumindest teilweise erfassende Strahlungsempfangseinheit mit mindestens einem IR-Strahlungsaufnehmer (4) zugeordnet ist.

DRUCKAUFNEHMER MIT IR-STRAHLUNGS-AUFNEHMER

Die Erfindung bezieht sich auf einen Druckaufnehmer mit einer durch Druckunterschiede unterschiedlich deformierbaren oder ortsveränderbaren Membran.

Stand der Technik

Ein derartiger (ohne vorliegenden druckschriftlichen Beleg) als bekannt angenommener Druckaufnehmer basiert darauf, dass für die Druckmessung die Auslenkung einer deformierbaren Membran erfasst wird. Ein Problem besteht beispielsweise darin, eine Druckmessung in dem Brennraum einer Brennkraftmaschine vorzunehmen, wobei Temperaturen von mehr als 500° C herrschen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Druckaufnehmer der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit dem auch bei ungünstigen Messbedingungen,

wie z.B. auch in schlecht zugänglichen Räumen mit höherer Temperatur, zuverlässig Drücke gemessen werden können.

Vorteile der Erfindung

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Hierbei ist vorgesehen, dass zumindest ein Funktionsabschnitt der Membran ein Material aufweist, das die Eigenschaften eines schwarzen Strahlers besitzt oder ein in demjenigen spektralen Strahlungsbereich ein für eine Erfassung wesentliches Strahlungsvermögen besitzt, der der Temperatur der Membran unter deren Einsatzbedingungen entspricht, und dass der Membran eine die abgegebene Strahlung zumindest teilweise erfassende Strahlungsempfangseinheit mit mindestens einem IR-Strahlungsaufnehmer zugeordnet ist.

Mit diesem Aufbau wird der Druck auf der Grundlage einer Temperaturerfassung der Membran aufgenommen und ausgewertet. Die Messung basiert auf dem an sich bekannten Planckschen Strahlungsgesetz, nach dem die Strahlungsleistung pro Oberflächeneinheit eines schwarzen Strahlers und pro Wellenlängeneinheit den an sich bekannten formelmäßigen Zusammenhang besitzt. Dabei ist das spektrale Emissionsvermögen einer Oberfläche definiert als Verhältnis zwischen der spektralen Strahldichte dieser Oberfläche und der spektralen Strahldichte des schwarzen Körpers bei derselben Temperatur. Diese Funktion ist kleiner oder gleich 1, und wenn sie konstant ist, wird die Oberfläche als grauer Strahler bezeichnet.

Zur Veranschaulichung zeigt Fig. 4 die spektrale Dichte der Strahlungsleistung für Temperaturen von 300° C, 400° C, 500° C und 600° C für eine strahlende

Oberfläche von 1 mm Durchmesser und einem Emissionsvermögen $\epsilon = 1$ (schwarzer Strahler). Das Maximum der spektralen Strahlungsleistung variiert zwischen $5 \mu\text{m}$ für eine Temperatur von 300°C bis $3.3 \mu\text{m}$ für eine Temperatur von 600°C . Die Kurven zeigen auf der linken Seite des Maximums, d.h. zu kürzeren Wellenlängen hin, einen viel steileren Verlauf als auf der rechten Seite, d.h. zu längeren Wellenlängen hin. Der Strahlungsaufnehmer und gegebenenfalls davor angeordnete Filter werden entsprechend dem vorherrschenden Temperaturbereich gewählt.

Eine definierte Abstrahlung und Erfassung werden dadurch begünstigt, dass der Funktionsabschnitt in einem zentralen Bereich der Membran angeordnet ist und durch eine Beschichtung mit dem Material ausgebildet ist und dass der Funktionsabschnitt von einem Abschnitt umgeben ist, der ein geringeres Strahlungsvermögen zumindest in dem Strahlungsbereich besitzt, der der Temperatur der Membran unter den Einsatzbedingungen entspricht.

Verschiedene vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten bestehen darin, dass der Funktionsabschnitt mit Ruß, Eisenoxid, oxidiertem Kupfer, oxidiertem Stahl beschichtet ist und/oder dass der Umgebungsabschnitt eine Goldbeschichtung trägt.

Ein stabiler, zuverlässig funktionierender Aufbau wird dadurch erhalten, dass zwischen der Strahlungsempfangseinheit und der Membran ein Infrarotleiter angeordnet ist, der zumindest in dem spektralen Strahlungsbereich durchlässig ist, der den Einsatzbedingungen des Druckaufnehmers entspricht. Die hohe Durchlässigkeit in dem betreffenden spektralen Strahlungsbereich kann so gewählt

werden, dass sich keine wesentliche Schwächung der von der Membran abgegebenen Strahlung ergibt.

Dabei bestehen vorteilhafte Ausgestaltungsvarianten darin, dass der Infrarotleiter einen röhrenförmigen Abschnitt mit behandelter Innen-Wandfläche für die Führung der von der Membran ausgesandten IR-Strahlung aufweist und/oder dass der Infrarotleiter einen dielektrischen Wellenleiter für die Führung der von der Membran ausgesandten IR-Strahlung aufweist, wobei desweiteren vorteilhaft vorgesehen sein kann, dass der Infrarotleiter bei Ausbildung mit einem röhrenförmigen Abschnitt eine glatte Oberfläche mit einer Rauigkeit geringer als die betreffenden Wellenlängen und eine die Infrarotstrahlung der Membran zumindest größten Teils reflektierende Beschichtung trägt oder dass der Infrarotleiter bei Ausbildung mit einem Wellenleiter aus Germanium, Saphir, Quarz, Kalziumfluorid oder Natriumchlorid besteht.

Hierbei kann für die Strahlungsführung weiterhin vorgesehen sein, dass der Infrarotleiter Linsenelemente aufweist.

Zur Empfindlichkeit und Messgenauigkeit tragen die Maßnahmen bei, dass der IR-Strahlungsaufnehmer in seiner Strahlungsempfindlichkeit auf die Infrarotstrahlung der Membran abgestimmt ist und dass die Strahlungsempfangseinheit an die Schwingungsfrequenz der Membran angepasst ist. Für die Messung kann dabei auch eine der Strahlungsempfangseinheit zugeordnete Auswerteeinheit leicht entsprechend ausgelegt werden.

Weitere verschiedene Ausgestaltungsmöglichkeiten ergeben sich dadurch, dass der IR-Strahlungsaufnehmer einen pyroelektrischen Detektor, ein Bolometer oder eine Thermosäule aufweist.

Für die Gewinnung eines zuverlässigen Messsignals sind ferner die Maßnahmen von Vorteil, dass dem IR-Strahlungsaufnehmer eine Kühlvorrichtung zugeordnet ist und/oder dass dem IR-Strahlungsaufnehmer ein Infrarotfilter zum Selektieren eines für die Messung maßgeblichen Strahlungsbandes vorgeschaltet ist.

Um weitere negative Umgebungseinflüsse auszuschließen, besteht eine weitere vorteilhafte Maßnahme darin, dass die Strahlungsempfangseinheit zwei IR-Strahlungsaufnehmer aufweist, vor denen Infrarotfilter unterschiedlicher spektraler Durchlässigkeit angeordnet sind und dass eine Auswerteeinheit so ausgebildet ist, dass die von den beiden IR-Strahlungsaufnehmern erfassten Strahlungsanteile in solche getrennt werden, die von Auslenkungen der Membran herrühren, und solche, die von Temperaturänderungen der Membran herrühren.

Zeichnung

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung eines Druckaufnehmers in einem Längsschnitt,

Fig. 2 und 3

eine Änderung des von einem Strahlungsaufnehmer erfassten Strahlungsstroms in Abhängigkeit einer Auslenkung einer Membran des Druckaufnehmers unter Verwendung eines Tubus bzw. eines optischen Faserleiters und

Fig. 4 die spektrale Strahlungsleistung einer strahlenden Oberfläche von 1 mm Durchmesser für verschiedene Temperaturen.

Ausführungsbeispiel

Ein in Fig. 1 dargestellter Druckaufnehmer weist eine unter der Wirkung eines Druckes auslenkbare bzw. deformierbare Membran 1 sowie einen Infrarot (IR)-Strahlungsaufnehmer 4 auf, zwischen denen ein Infrarotleiter 2 angeordnet ist, der die von der Membran 1 abgegebene Infrarotstrahlung zu dem IR-Strahlungsaufnehmer 4 führt. Vor dem IR-Strahlungsaufnehmer 4 ist vorteilhaft ein optisches Filter 3 angeordnet, und dem Strahlungsempfänger 4 ist ein Kühlelement 5 zugeordnet. Die Druckmessung erfolgt durch Messen der Auslenkung der Membran 1. Sie wird bestimmt durch die Messung der Änderung des von dem IR-Strahlungsaufnehmer 4 erfassten Strahlungsstroms, wie er sich beispielsweise aus den in den Fig. 2 und 3 gezeigten Diagrammen ergibt.

Ein mittlerer Bereich der Membran 1 ist als Funktionsabschnitt 1.1 ausgebildet und mit einem Material beschichtet, das Eigenschaften eines schwarzen Strahlers oder ein gutes Emissionsvermögen in einem spektralen Strahlungsbereich besitzt, der der Temperatur der Membran 1 entspricht, wenn sich der Druckaufnehmer im Einsatzzustand befindet. Ein derartiges Material kann z.B. Gasruß, Eisenoxid oder ein ähnliches Oxid, stark oxidiertes Kupfer, oxidiertes Stahl oder dgl. sein. Ein Umgebungsbereich 1.2 des mittleren oder inneren Membranabschnittes 1.1 ist mit einem Material beschichtet, das nur ein schwaches Emissionsvermögen in dem Spektralbereich besitzt, in dem der Druckaufnehmer verwendet wird, damit die durch die Membran 1 gebildete Strahlungsquelle möglichst eindeutig begrenzt ist. Ein solches Material kann z.B. ein dünner Goldbelag sein.

Der Infrarotleiter 2 muss eine gute Durchlässigkeit in dem Spektralbereich besitzen, in dem der Druckaufnehmer eingesetzt wird. Der Infrarotleiter 2 kann

mittels eines röhrenförmigen Abschnittes bzw. eines Tubus gebildet werden, dessen Innenwandfläche einen geeigneten Oberflächenzustand mit möglichst geringer Rauigkeit (niedriger als die Wellenlänge) besitzt und mit einem Material beschichtet ist, das eine möglichst gute Reflektion in dem dem Einsatz entsprechenden Spektralbereich und daher ein möglichst schwaches Emissionsvermögen besitzt, wozu eine Gold- oder Silberbeschichtung oder dgl. geeignet ist. Der Infrarotleiter 2 mit einer derartigen Durchlässigkeit und Innenwandfläche 2.1 gewährleistet eine weitgehend vollständige Übertragung der von der Membran abgegebenen Strahlung zu dem IR-Strahlungsaufnehmer 4.

Der Infrarotleiter 2 kann alternativ zu der vorstehend genannten Ausführung oder in Kombination mit dieser auch ein dielektrischer Wellenleiter vergleichbar einem optischen Faserleiter sein, der ein gutes Transmissionsvermögen in dem dem Einsatz entsprechenden Spektralbereich besitzt. Derartige Materialien können z.B. Germanium (für einen Spektralbereich von 1,8 bis 28 μm), Saphir (0,17 bis 6,5 μm), Quarz (0,2 bis 4,5 μm), Kalzium-Fluorid (0,2 bis 8 μm), Natriumchlorid (0,2 bis 26 μm) oder dgl. sein. Der Wellenleiter kann auch durch eine oder mehrere Linsen gebildet sein, die auch in Kombination mit den vorstehend genannten Ausführungen vorhanden sein können.

Der IR-Strahlungsaufnehmer 4 soll möglichst empfindlich in dem Spektralbereich der IR-Strahlung der Membran 1 sein und einen Ansprechbereich aufweisen, der auf die Schwingungsfrequenz der Membran 1 abgestimmt ist. Außerdem kann das Kühlelement 5, beispielsweise ein Peltier-Element vorgesehen sein, um den IR-Strahlungsaufnehmer 4 zu kühlen. Der Strahlungsaufnehmer 4 kann ein pyroelektrischer Detektor, ein Bolometer, eine Thermosäule oder dgl. sein. Vorteilhaft ist das optische Filter 3 vor dem IR-Strahlungsaufnehmer 4 angeordnet, um

einen genau abgestimmten spektralen Strahlungsbereich für die Auswertung auszuwählen.

Um mögliche Schwankungen des Strahlungsstromes infolge einer Auslenkung der Membran 1 von solchen zu unterscheiden, die auf eine Temperaturänderung der Membran 1 zurückzuführen sind, können z.B. mindestens zwei IR-Strahlungsempfänger 4 nebeneinander angeordnet werden, vor denen jeweils ein optisches Filter 3 angeordnet ist, die verschiedene spektrale Strahlungsbereiche durchlassen, wobei beispielsweise eines der Filter den dem linken Teil der in Fig. 4 gezeigten Kurve entsprechenden Strahlungsanteil durchlässt, wo diese am steilsten ist, während das andere Filter den dem rechten Teil der Kurve entsprechenden Strahlungsanteil durchlässt, wo die Steigung wesentlich flacher ist, so dass eine kleine Temperaturänderung der Membran 1 in unterschiedlichen Änderungen des auf die IR-Strahlungsaufnehmer fallenden Anteils des Strahlungsstroms zum Ausdruck kommt, während sich eine Verlagerung der Membran 1 in einer gleichen Änderung des Strahlungsstroms auf beiden Strahlungsaufnehmern 4 ausdrückt.

Fig. 2 gibt die Änderung des Strahlungsstroms wieder, der von dem in Funktion befindlichen IR-Strahlungsaufnehmer 4 bei einer Auslenkung der Membran 1 in dem Falle aufgenommen wird, dass der Funktionsabschnitt 1.1 der Membran 1 (schwarzer Körper) einen Durchmesser von 1 mm bei einer Temperatur von 300° C hat und der Infrarotleiter 2 ein Tubus von 1 mm Durchmesser ist, dessen Eintrittsfläche 110 μ m von der Oberfläche der Membran 1 entfernt angeordnet ist, wenn der Druckaufnehmer sich im Ruhezustand befindet, wobei angenommen wird, dass der Führungstubus keine Strahlungsschwächung verursacht. Fig. 3 gibt die Änderung des Strahlungsstromes unter gleichen Bedin-

gungen wieder, wobei jedoch als Infrarotleiter 2 eine Lichtleiteroptik von 1 mm Durchmesser und einer numerischen Apertur von 0,75 verwendet ist. Beide Fig. zeigen, dass sich die empfangene Strahlungsleistung I mit dem Abstand d der Messmembran deutlich ändert, d.h. mit zunehmendem Abstand verkleinert.

Ansprüche

1. Druckaufnehmer mit einer durch Druckunterschiede unterschiedlich deformierbaren oder ortsveränderbaren Membran (1),
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest ein Funktionsabschnitt (1.1) der Membran (1) ein Material aufweist, das die Eigenschaften eines schwarzen Strahlers besitzt oder ein in demjenigen spektralen Strahlungsbereich ein für eine Erfassung wesentliches Strahlungsvermögen besitzt, der der Temperatur der Membran (1) unter deren Einsatzbedingungen entspricht, und
dass der Membran (1) eine die abgegebene Strahlung zumindest teilweise erfassende Strahlungsempfangseinheit mit mindestens einem IR-Strahlungsaufnehmer (4) zugeordnet ist.
2. Druckaufnehmer nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Funktionsabschnitt (1.1) in einem zentralen Bereich der Membran (1) angeordnet ist und durch eine Beschichtung mit dem Material ausgebildet ist und
dass der Funktionsabschnitt (1.1) von einem Abschnitt (1.2) umgeben ist, der ein geringeres Strahlungsvermögen zumindest in dem Strahlungsbereich besitzt, der der Temperatur der Membran (1) unter den Einsatzbedingungen entspricht.

3. Druckaufnehmer nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Funktionsabschnitt (1.1) mit Ruß, Eisenoxid, oxidiertem Kupfer,
oxidiertem Stahl beschichtet ist und/oder
dass der Umgebungsabschnitt (1.2) eine Goldbeschichtung trägt.
4. Druckaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen der Strahlungsempfangseinheit und der Membran (1) ein
Infrarotleiter (2) angeordnet ist, der zumindest in dem spektralen
Strahlungsbereich durchlässig ist, der den Einsatzbedingungen des
Druckaufnehmers entspricht.
5. Druckaufnehmer nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Infrarotleiter (2) einen röhrenförmigen Abschnitt mit behandelter
Innen-Wandfläche für die Führung der von der Membran (1) ausgesandten
IR-Strahlung aufweist und/oder
dass der Infrarotleiter (2) einen dielektrischen Wellenleiter für die Führung
der von der Membran (1) ausgesandten IR-Strahlung aufweist.
6. Druckaufnehmer nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Infrarotleiter (2) bei Ausbildung mit einem röhrenförmigen Ab-
schnitt eine glatte Oberfläche mit einer Rauigkeit geringer als die
betreffenden Wellenlängen und eine die Infrarotstrahlung der Membran (1)
zumindest größten Teils reflektierende Beschichtung trägt oder

dass der Infrarotleiter (2) bei Ausbildung mit einem Wellenleiter aus Germanium, Saphir, Quarz, Kalziumfluorid oder Natriumchlorid besteht.

7. Druckaufnehmer nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Infrarotleiter (2) Linsenelemente aufweist.
8. Druckaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der IR-Strahlungsaufnehmer (4) in seiner Strahlungsempfindlichkeit auf die Infrarotstrahlung der Membran (1) abgestimmt ist und dass die Strahlungsempfangseinheit an die Schwingungsfrequenz der Membran (1) angepasst ist.
9. Druckaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der IR-Strahlungsaufnehmer (4) einen pyroelektrischen Detektor, ein Bolometer oder eine Thermosäule aufweist.
10. Druckaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem IR-Strahlungsaufnehmer (4) eine Kühlvorrichtung (5) zugeordnet ist und/oder dass dem IR-Strahlungsaufnehmer (4) ein Infrarotfilter zum Selektieren eines für die Messung maßgeblichen Strahlungsbandes vorgeschaltet ist.
11. Druckaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass die Strahlungsempfangseinheit zwei IR-Strahlungsaufnehmer (4) aufweist, vor denen Infrarotfilter unterschiedlicher spektraler Durchlässigkeit angeordnet sind und

dass eine Auswerteeinheit so ausgebildet ist, dass die von den beiden IR-Strahlungsaufnehmern (4) erfassten Strahlungsanteile in solche getrennt werden, die von Auslenkungen der Membran (4) herrühren, und solche, die von Temperaturänderungen der Membran (4) herrühren.

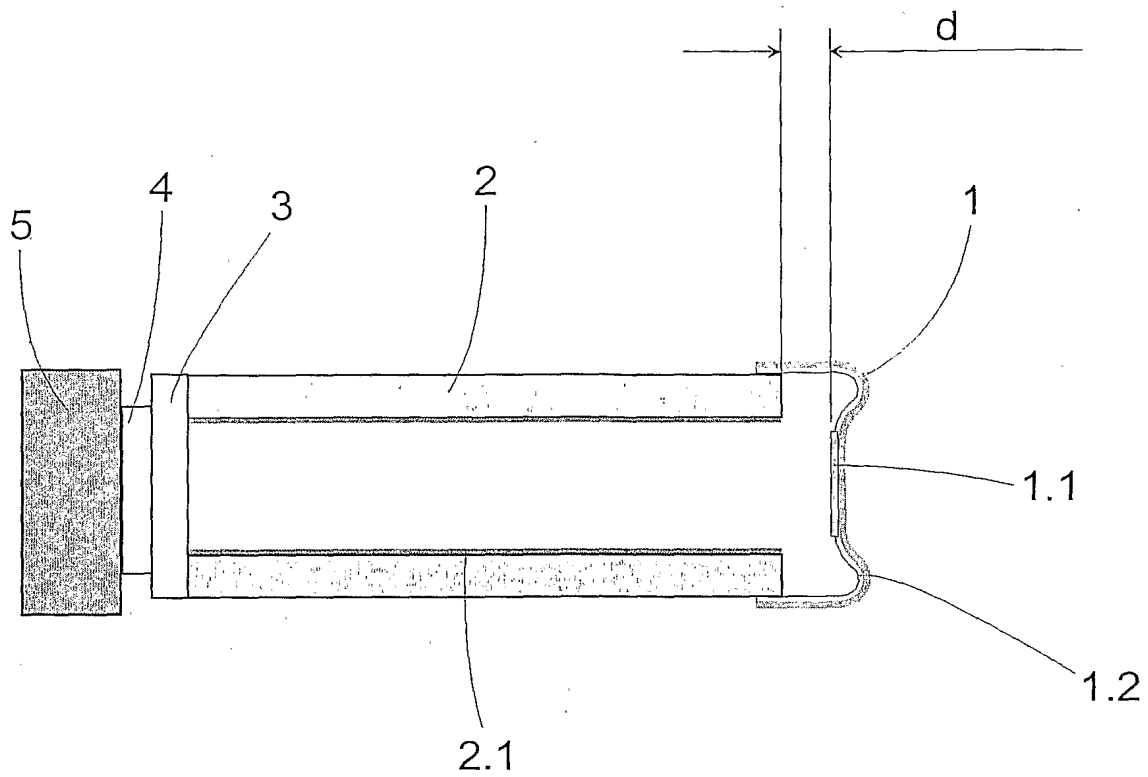


Fig. 1

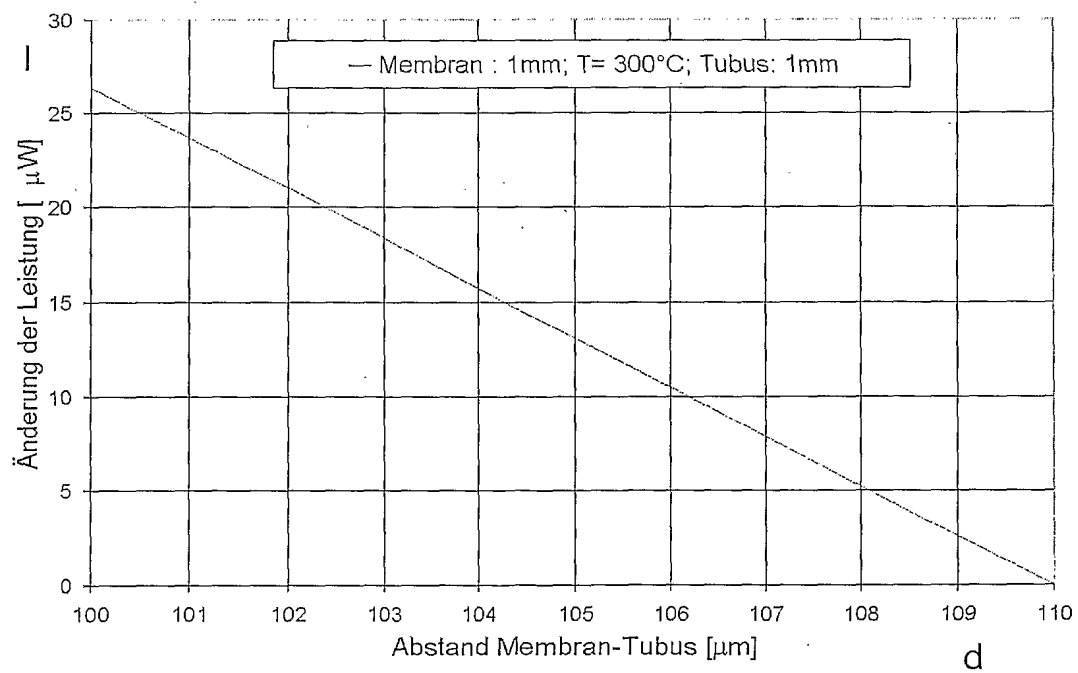
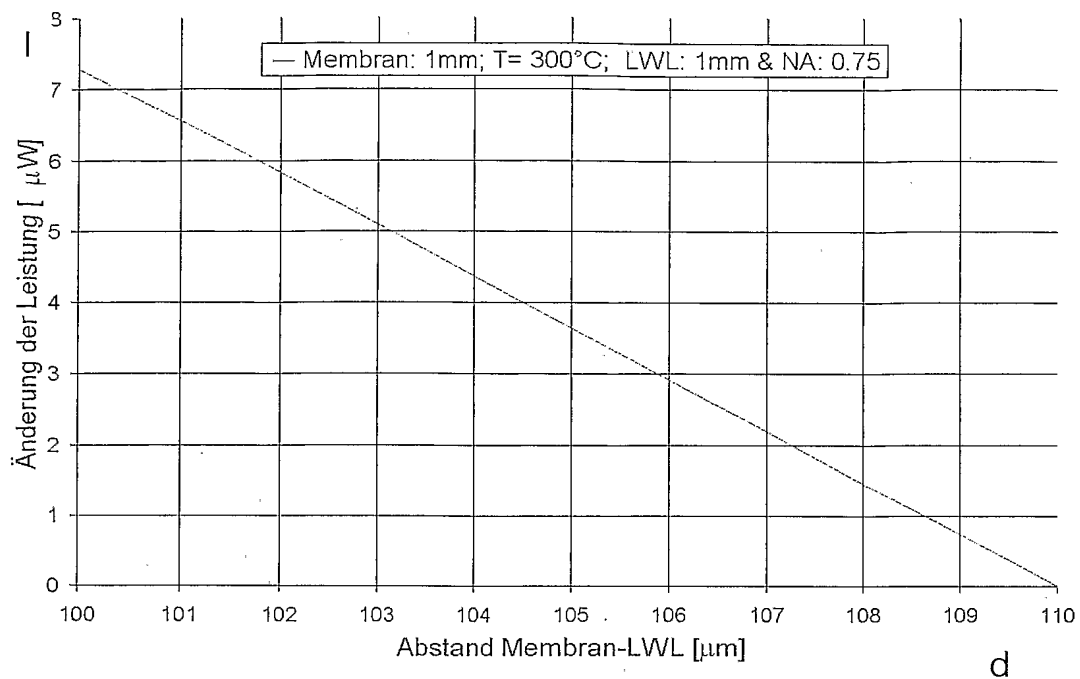


Fig. 2



d

Fig. 3

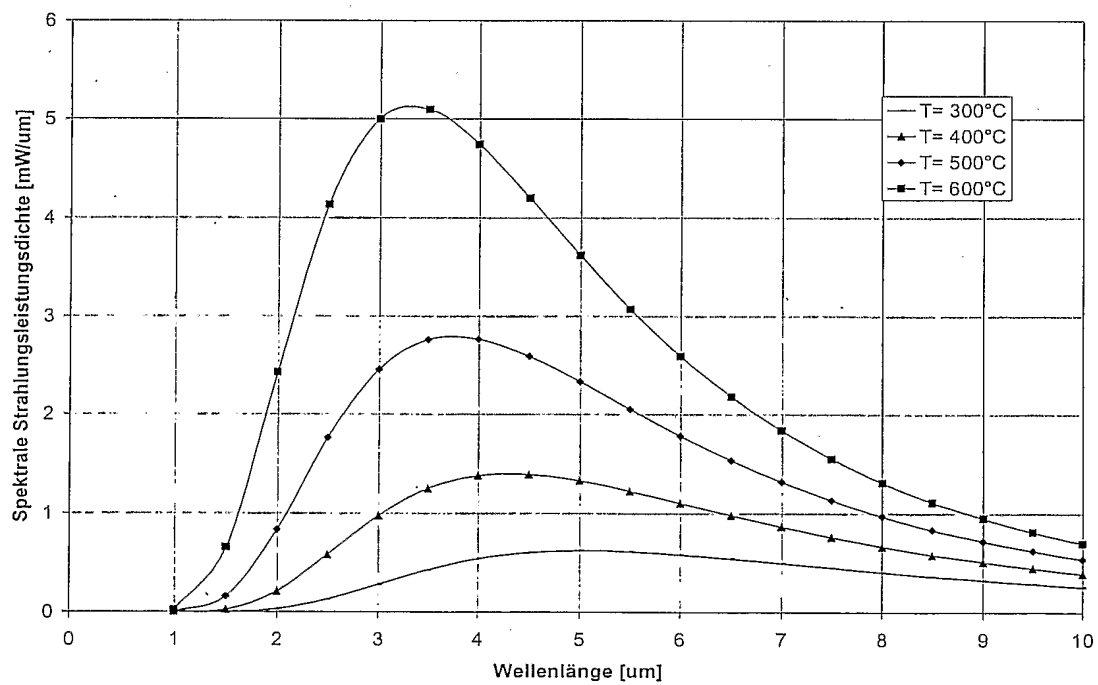


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/002372

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01L9/00 G01L11/02 G01L23/16 G01L1/24 G01J5/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01L G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 378 701 A (MOUNTAIN ET AL) 5 April 1983 (1983-04-05)	1
Y	abstract; figures 1,2,4	4-10
A	column 1, lines 5,6 column 1, lines 55-57 column 3, line 9 - line 18 column 3, line 46 - line 51 column 4, line 34 - line 51 -----	2,3,11
Y	US 4 446 723 A (BOENING ET AL) 8 May 1984 (1984-05-08)	4-10
A	abstract; figures 1,2 column 1, line 46 - line 53 column 3, line 24 - column 4, line 46 ----- -/--	1-3,11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 March 2005

Date of mailing of the international search report

09/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

HeIm, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/002372

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>EP 0 409 166 A (NIPPON MINING COMPANY LIMITED; JAPAN ENERGY CORPORATION) 23 January 1991 (1991-01-23) abstract; figures 1-4 page 2, line 49 - page 3, line 5 page 3, line 47 - page 5, line 30 -----</p>	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE2004/002372

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4378701	A	05-04-1983	GB 1601890 A	04-11-1981
			DE 2952809 C2	13-06-1990
			DE 2952809 T0	04-12-1980
			EP 0020341 A1	07-01-1981
			FR 2490341 A1	19-03-1982
			WO 7901156 A1	27-12-1979
			JP 55500442 T	24-07-1980
			JP 61014451 B	18-04-1986
			SE 434089 B	02-07-1984
			SE 8000472 A	21-01-1980
US 4446723	A	08-05-1984	DE 3110997 A1	14-10-1982
			JP 57163841 A	08-10-1982
EP 0409166	A	23-01-1991	JP 2801659 B2	21-09-1998
			JP 3048742 A	01-03-1991
			JP 2801688 B2	21-09-1998
			JP 3188344 A	16-08-1991
			DE 69013090 D1	10-11-1994
			DE 69013090 T2	23-03-1995
			EP 0409166 A2	23-01-1991
			KR 9513549 B1	08-11-1995
			US 5195359 A	23-03-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002372

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01L9/00 G01L11/02 G01L23/16 G01L1/24 G01J5/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01L G01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 378 701 A (MOUNTAIN ET AL) 5. April 1983 (1983-04-05)	1
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,4	4-10
A	Spalte 1, Zeilen 5,6 Spalte 1, Zeilen 55-57 Spalte 3, Zeile 9 - Zeile 18 Spalte 3, Zeile 46 - Zeile 51 Spalte 4, Zeile 34 - Zeile 51	2,3,11
Y	US 4 446 723 A (BOENING ET AL) 8. Mai 1984 (1984-05-08)	4-10
A	Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Spalte 1, Zeile 46 - Zeile 53 Spalte 3, Zeile 24 - Spalte 4, Zeile 46	1-3,11
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. März 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Helm, B

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 409 166 A (NIPPON MINING COMPANY LIMITED; JAPAN ENERGY CORPORATION) 23. Januar 1991 (1991-01-23) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 Seite 2, Zeile 49 - Seite 3, Zeile 5 Seite 3, Zeile 47 - Seite 5, Zeile 30 -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002372

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4378701	A	05-04-1983	GB	1601890 A	04-11-1981
			DE	2952809 C2	13-06-1990
			DE	2952809 T0	04-12-1980
			EP	0020341 A1	07-01-1981
			FR	2490341 A1	19-03-1982
			WO	7901156 A1	27-12-1979
			JP	55500442 T	24-07-1980
			JP	61014451 B	18-04-1986
			SE	434089 B	02-07-1984
			SE	8000472 A	21-01-1980
US 4446723	A	08-05-1984	DE	3110997 A1	14-10-1982
			JP	57163841 A	08-10-1982
EP 0409166	A	23-01-1991	JP	2801659 B2	21-09-1998
			JP	3048742 A	01-03-1991
			JP	2801688 B2	21-09-1998
			JP	3188344 A	16-08-1991
			DE	69013090 D1	10-11-1994
			DE	69013090 T2	23-03-1995
			EP	0409166 A2	23-01-1991
			KR	9513549 B1	08-11-1995
			US	5195359 A	23-03-1993